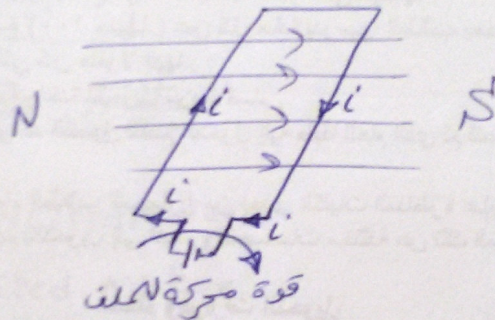


## chapter (2) — D.C. motors

تظنية العمل تكمن فكرة عمل المولد حيث يقوم الموتور أو المحرك بتحويل الطاقة الكهربائية الداخلة له إلى حركة (طاقة ميكانيكية) فعندما يتكون هناك مجال مغناطيسي موضوع داخله موصل وقمت بتسليط جهد على هذا الموصل يمر به تيار وبالتالي يؤدي ذلك إلى تولد قوة تجعله يتحرك بسرعة ما.

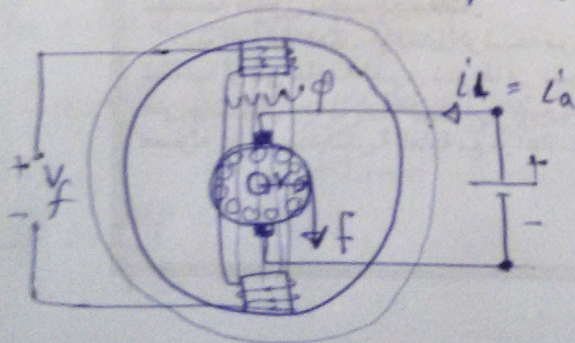
$$F = B \times l \times i \rightarrow \text{التيار المار في الموصل}$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 طول الموصل      كثافة الفيض      القوة المصروفة للموصل



بالنظر إلى المصرك :-

نحتاج توصيل المصدر المقتدى للملفات على أطراف أو Armature ثم طريقة الفرشش الكربونية فيمر تيار من موصلات أو Armature ومع وجود المجال المغناطيسي الناتج من ملفات المجال (Field) يتولد قوة تؤدي إلى دورانه العكس القابل للحركة وهو ال Rotor أو Armature ولأنه الدوران له نصف قطر ينتج أيضاً



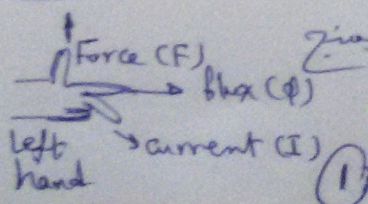
عزم داخل الآلة .

العزم = القوة × ذراعها

$$T = F \times r$$

فكرته معرفة اتجاه هذه القوة

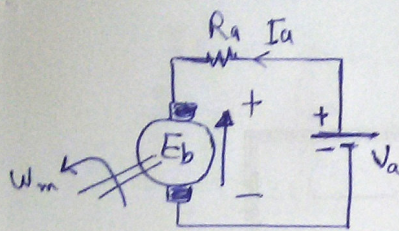
عنه طريقة قائمة اليد اليسرى لفيليمينج



(1)



## ⊕ Back Induced emf in the motor ( $E_b$ ) ⊕



عندما يتم توصيل البروتر على مصدر الجهد الثابت يمر في موصلات البروتر تيار هذا التيار يولد فيضاً ونسبة لأن الموصلات الموجودة في البروتر تتأثر أيضاً بالمجال الأصلي الناتج من ملفات المجال تتولد قوة دافعة أيضاً على ملفات البروتر ولكن هذه المرة تسمى ( $E_b$  Back Induced emf) تكون معاكسة للفيض الأصلي أي أنه الجهد الناتج على الموصلات يكون معاكس لجهد المصدر.

$E_b$  ← ( $E_b$  Back Induced emf) تكون معاكسة للفيض الأصلي أي أنه الجهد الناتج على الموصلات يكون معاكس لجهد المصدر.

$$E_b = \frac{\Phi P N Z}{60 A} \text{ (Volt)}$$

### ⇒ Types of D.C. Motors

① Separately Excited Motor

② self Excited Motor

- shunt

- series

- Compound { long shunt  
short shunt

أنواع الموتور

تقسيم أنواع المولدات

### ① Separately Excited D.C. Motor

المعادلة =

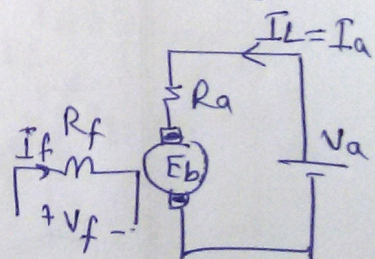
$$V_a = I_a R_a + E_b + V_{\text{brush}}$$

$$I_a = I_L \rightarrow \text{يسمى تيار حالة الموتور}$$

$I_{\text{Line}}$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f}$$

الدائرة المكافئة



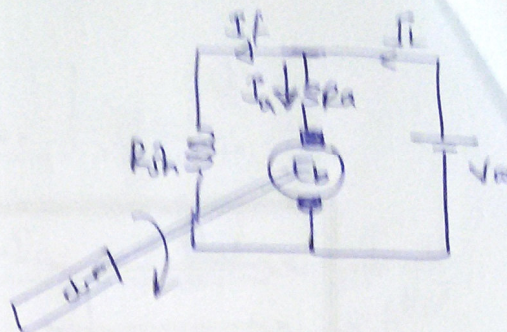


### ② Shunt D.C. Motor

$$V_a = E_b + I_a R_a + V_{brush}$$

$$I_L = I_a + I_f$$

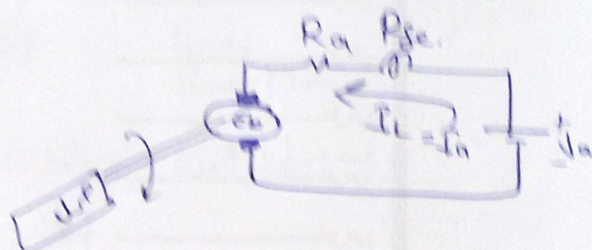
$$I_f = \frac{V_a}{R_{sh}}$$



### ③ Series D.C. Motor

$$V_a = E_b + I_a (R_a + R_{se}) + V_b$$

$$I_L = I_a = I_{se}$$



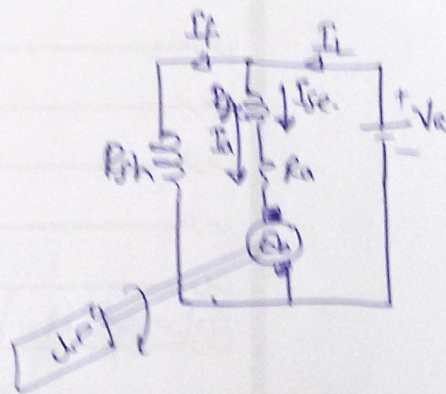
### ④ Longshunt D.C. Motor

$$V_a = I_a (R_{se} + R_a) + E_b + V_b$$

$$I_L = I_a + I_f$$

$$I_a = I_{se}$$

$$I_f = \frac{V_a}{R_{sh}}$$



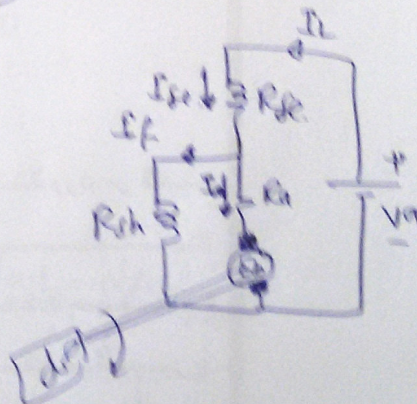
### ⑤ Short shunt D.C. Motor

$$V_a = E_b + I_a R_a + (I_L) R_{se} + V_b$$

$$I_L = I_{se}$$

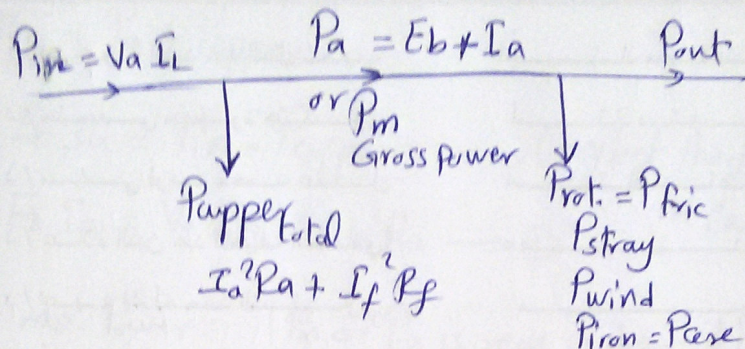
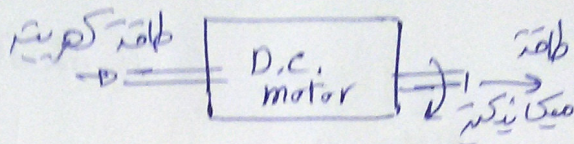
$$I_L = I_a + I_f$$

$$I_f = \frac{E_b - I_a R_a}{R_{sh}} = \frac{V_a - I_L R_{se}}{R_{sh}}$$





# Power flow in D.C. Motor



لقد تم تسمية  
من المرجح

من مخطط القوى ينتج العلاقات التالية -

$$P_{in} = V_a \text{ (I}_L \text{)} \rightarrow \text{تأثير، مت، } \downarrow \text{قوة كهربائية}$$

$$P_{in} = P_a + P_{copper\ total}$$

$$P_a = E_b I_a$$

$$P_{copper\ total} = I_a^2 R_a + I_f^2 R_f \rightarrow \text{field Copper loss}$$

↪ Armature Copper loss

$$P_a = P_{out} + P_{rot.}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$SR\% = \frac{N_{n.L} - N_{f.L}}{N_{n.L}} \times 100 = \frac{N_{n.L} - N_{f.L}}{N_{f.L}} \times 100$$

$\downarrow$  معامل تنظيم السرعة  
 $\downarrow$  لواء حالة الاصلية  
 الاصلية مع حمل الحمل الكامل  
 لواء حالة الاصلية الحمل الكامل  
 ثم فصل الحمل لواء



# Condition for maximum Power

تحقق القدرة العظمى داخل  
المحرك؟

$$\therefore P_m = P_a = E_b I_a$$

من مخطط القوى السابق

$$P_{in} = P_a + P_{copper}$$

$$\therefore E_b I_a = P_{in} - P_{copper}$$

(neglect the field copper loss)

$$\therefore E_b I_a = V_a I_a - I_a^2 R_a \rightarrow \textcircled{1}$$

in case of (S.E.D.C.M)  
 $I_a = I_L$

for max. Power  $|P_m \text{ or } P_a \text{ is max when } \frac{dP_m}{dI_a} = 0$

بالنسبة للتيار  $I_a$   
تعاوض المعادلة  $\textcircled{1}$  ونأخذ المشتق

$$\therefore 0 = V_a - 2 I_a R_a$$

$$\therefore 2 I_a R_a = V_a \quad \therefore \boxed{I_a R_a = \frac{V}{2}} \quad \#$$

Separately Excited المحرك غير المثبت

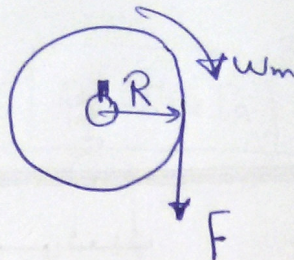
$$\therefore V_a = E_b + I_a R_a = E_b + \frac{V}{2}$$

$$\therefore \boxed{E_b = \frac{V}{2}} \quad \#$$

تحقق القدرة العظمى داخل الآلة عندما يكون ال back emf نصف الجهد  
الحصل على المعادلة من الروتر.



# طابع معادلة العزم في الموتر Torque Equation of D.C. Motor



الشغل المبذول لتحريك الروتر  $W = F \times \text{distance in one revolution}$

مسافة لف واحدة والوجه في محيط دائرة  
لأن الروتر دائرة نصف قطرها R

$$\therefore W = F \times 2\pi R$$

Power developed  $\Rightarrow P_a = \frac{\text{Work}}{\text{Time}}$

$$\therefore P_a = \frac{F \times 2\pi R}{\left(\frac{60}{N}\right)} = \frac{F \times 2\pi R \times N}{60} = (F \times R) \times \left(\frac{2\pi N}{60}\right)$$

عزم = قوة  $\times$  ذراع

الزخم بالدلالة الميكانيكية

$\frac{2\pi N}{60} \xrightarrow{\text{r.p.m.}} = \omega_m \rightarrow$  السرعة الزاوية (Rad/sec.)

$$\therefore P_a = T_a \times \omega_m$$

$$\left[ T_a = \frac{P_a}{\omega_m} \right] \rightarrow \# \text{ قانون العزم (الصورة الأولى)}$$

$$\therefore P_a = E_b I_a$$

$$\therefore T_a = \frac{E_b I_a}{\omega_m} = \frac{\phi P N Z I_a}{60 A \times \left(\frac{2\pi N}{60}\right)}$$

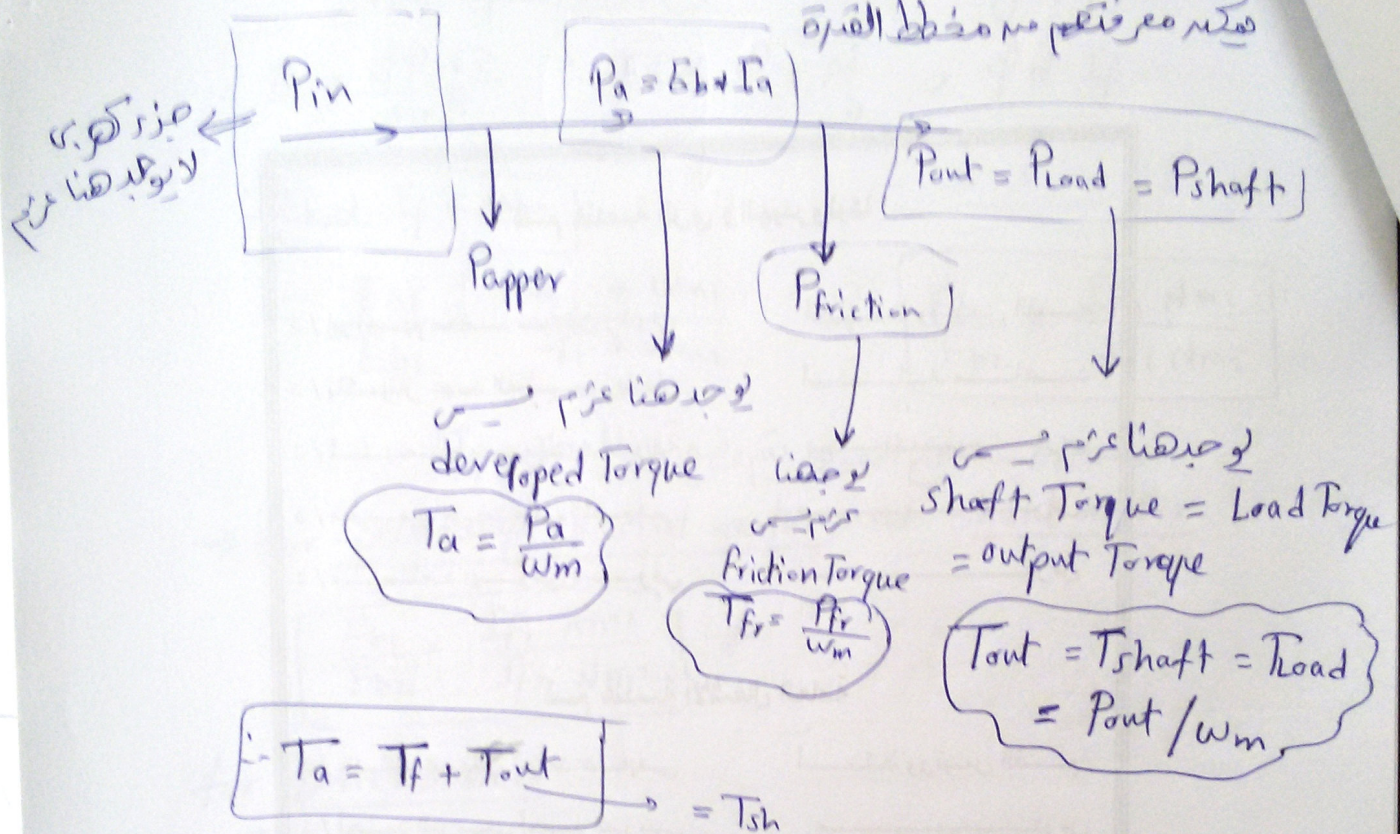
$$\therefore T_a = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\phi P Z}{A} \cdot I_a \quad \# \text{ قانون العزم (الصورة الثانية)}$$



## Types of Torque in the D.C. motor

مع العزم داخل الآلة (المحرك)

يمكن معرفة مقدار هذا العزم



### → At No-load

في حالة عدم وجود حمل

$P_{out} = 0$  ← لا يوجد عزم في الـ output

$$\therefore T_{out} = 0 = T_{sh} = T_{load}$$

$$\therefore T_a = T_{friction}$$

!! كل العزم المتولد

يضع كله في الـ friction (الإحتكاك)

$$\therefore T_{an.L} = T_{ao} = T_{friction \text{ windage}}$$

$$\therefore T_{an.L} = E_{an.L} \cdot I_{an.L}$$



## Torque Relation and Eb Relation

① علاقة  $E_b$  مع  $\phi$

العلاقة بين  $E_b$  في المولد  
أو استنداهم في المحرك

$$\therefore E_b = \frac{\phi P N Z}{60 A} \quad \therefore E_b \propto \phi, N \downarrow \omega_m, \phi \propto I_f$$

$$\therefore \boxed{E_b \propto I_f * \omega_m}$$

$$\therefore \frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{I_{f1} * \omega_{m1}}{I_{f1} * \omega_{m2}}$$

$$\text{or } \boxed{\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{I_{f1} N_{m1}}{I_{f2} N_{m2}}}$$

وعلى حسب نوع المولد يتم وضع التيار  $I_f$

$\Rightarrow$  for separately excited motor and shunt motor

$$\boxed{\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{I_{f1} N_{m1}}{I_{f2} N_{m2}}} \#$$

for series motor

$$I_L = I_f = I_a \quad \text{تيار الحمل هو نفسه تيار الحث$$

$$\therefore \boxed{\frac{E_{b1}}{E_{b2}} = \frac{I_{a1} N_{m1}}{I_{a2} N_{m2}}} \#$$

② علاقة العزم مع التيار

$$\therefore T = \frac{1}{2\pi} \frac{\phi P Z}{A} I_a$$

هذه علاقة العزم الناتجة

$$\therefore T \propto \phi \cdot I_a \quad \because \phi \propto I_f$$

$$\therefore \boxed{T \propto I_f \cdot I_a}$$

$\Rightarrow$  for separately excited motor

$$\therefore \boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{f1} I_{a1}}{I_{f2} I_{a2}}}$$

$$, I_a = I_L$$

$$\therefore \boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{f1} I_{L1}}{I_{f2} I_{L2}}} \#$$



⇒ for series motor

$$I_L = I_a = I_{se} = I_f$$

$$\therefore \boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_{a1}^2}{I_{a2}^2}} \quad \#$$

لأنه قال الفيض ثابت معناها  $I_a$

$$I_{f1} = I_{f2}$$

$$\phi_1 = \phi_2 \quad \text{لأن}$$

نقال أنه قال الحمل ثابت معناها  $I_a$

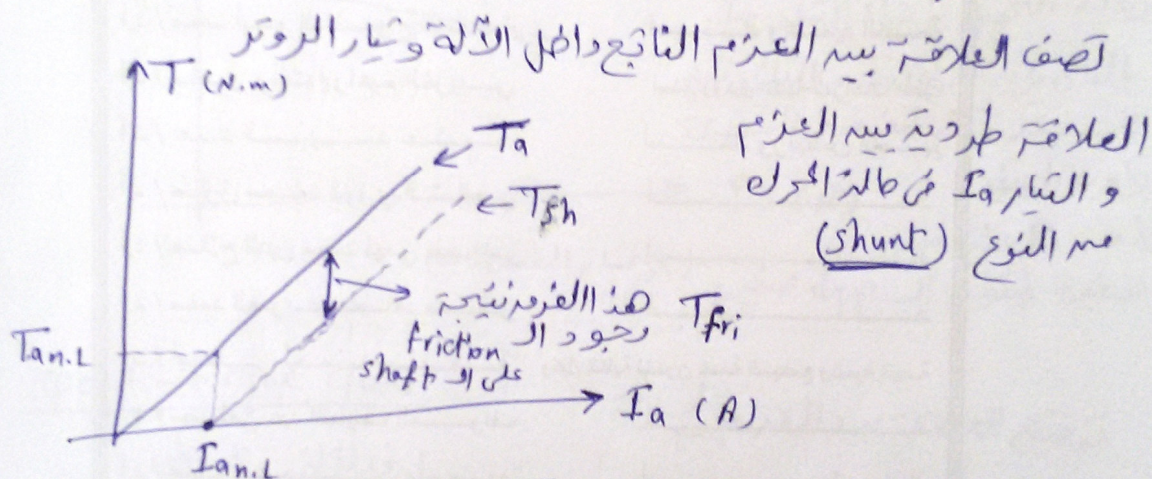
$$\therefore T_1 = T_2$$

$$\therefore I_{f1} I_{a1} = I_{f2} I_{a2}$$

→ D.C. Motor c/chs ←

خصائص المحرك

① Torque - Armature Current c/chs ( $T$  vs.  $I_a$ )



لاحظ أنه في حالة الـ لا يوجد  $T_{out}$

وبالتالي فإن العزم المتولد كله يكون لتغذية المفاصل الدورانية  $P_{friction}$  والتيار المحسوب في الـ Armature هو  $I_{an.L}$  اللازم لتوليد العزم  $T_{an.L}$



## ② Speed - Armature Current char

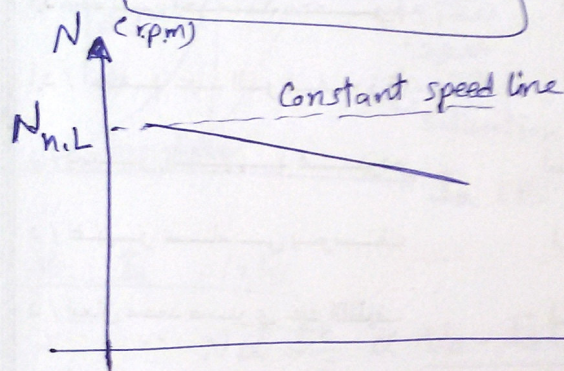
(نوع الآلة Shunt)

توضيح العلاقة بين سرعة دوران الآلة والتيار الروتر  $I_a$

$$\therefore E_b = V_a - I_a R_a = \frac{\phi P N Z}{60 A} \quad , \phi, Z, P \text{ ثوابت}$$

$$\therefore N_m \propto \frac{V_a - I_a R_a}{\phi} \rightarrow \text{for } \phi \text{ ثابت}$$

$$N_m \propto V_a - I_a R_a \rightarrow \text{for } \phi \text{ ثابت}$$

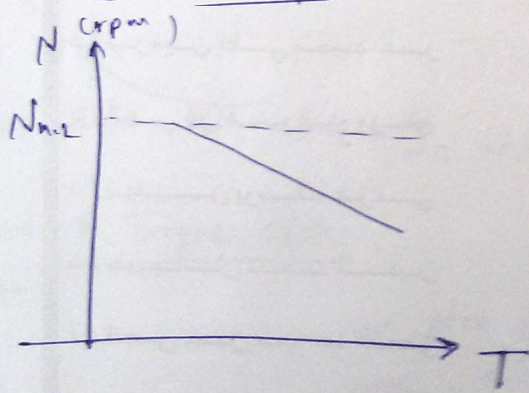


بزيادة التحميل يزداد التيار  $I_a$  بالتالي يزداد  $I_a R_a$  وبالتالي تقل السرعة ولكن الفرق في السرعة يكون صغير لأن  $R_a$  ذات قيمة صغيرة فيكون ال drop صغير (باعتبار الفيض ثابت)

## ③ Speed - Torque char

(نوع الآلة Shunt)

توضيح العلاقة بين العزم والسرعة



أيضاً العلاقة بين العزم والسرعة مثل علاقة تيار العزم  $I_a$  مع السرعة وذلك لأن العزم ناتج من التيار  $I_a$  (باعتبار الفيض ثابت)



## \* D.C series motor c/chs \*

سلسلة المحرك من النوع ال series

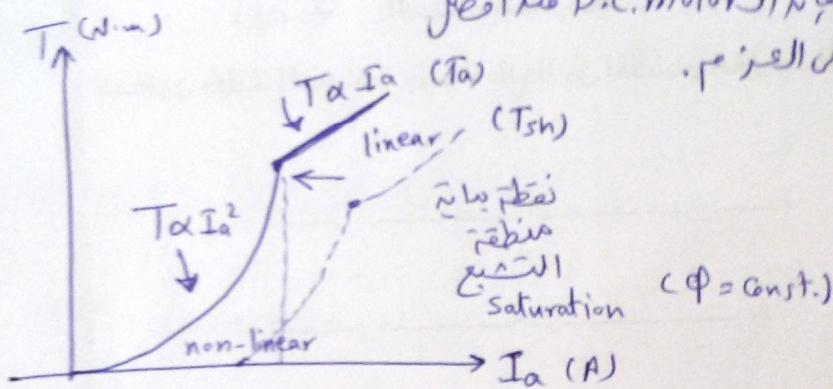
### ① Torque Vs. $I_a$ c/chs

$$\therefore T \propto I_f I_a \quad , \quad I_f = I_a \text{ in series}$$

$$\therefore T \propto I_a^2$$

∴ العزم من ال series يحتاج مع

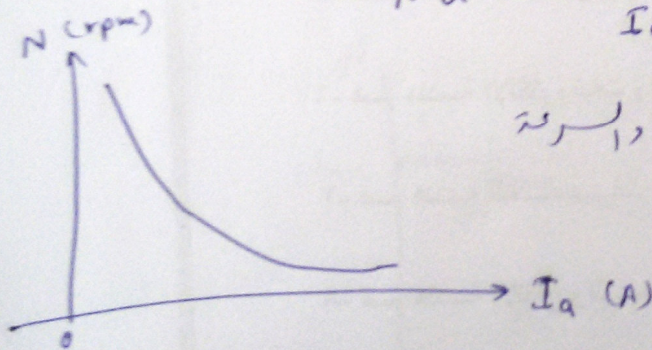
مربع التيار لذا افاد ال D.C. motor من افضل أنواع الموتور من العزم.



### ② Speed Vs. $I_a$ c/chs

$$\therefore N \propto \frac{E_b}{\phi} \propto \frac{V_a - I_a(R_a + R_{se})}{\phi} \quad , \quad \phi \propto I_a \text{ (series)}$$

$$\therefore N \propto \frac{V_a - I_a(R_a + R_{se})}{I_a} \quad \therefore \boxed{N \propto \frac{1}{I_a}}$$



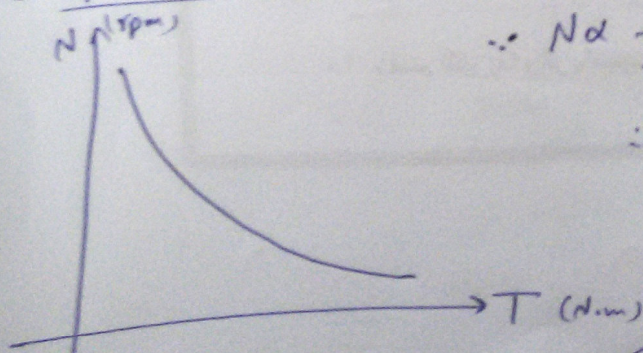
∴ العلاقة عكسية بين التيار  $I_a$  والسرعة

### ③ Speed Vs. Torque c/chs

من الخصائص السابقة نجد ان:

$$\therefore N \propto \frac{1}{I_a} \quad , \quad T \propto I_a^2$$

$$\therefore \boxed{N \propto \frac{1}{T}}$$



∴ بزيادة العزم تقل السرعة والعكس صحيح في ال series

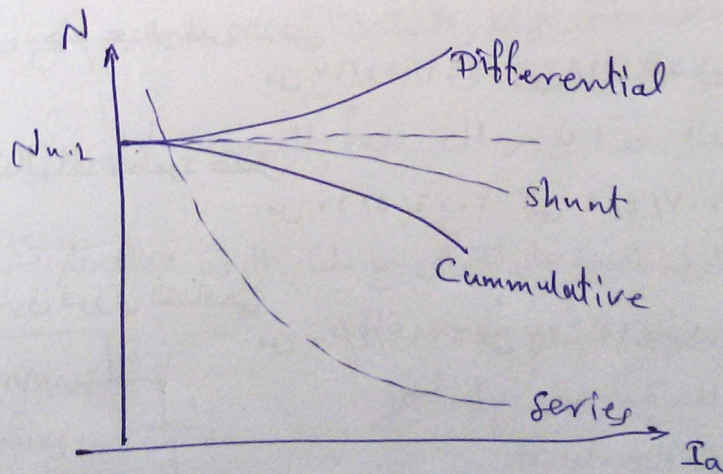
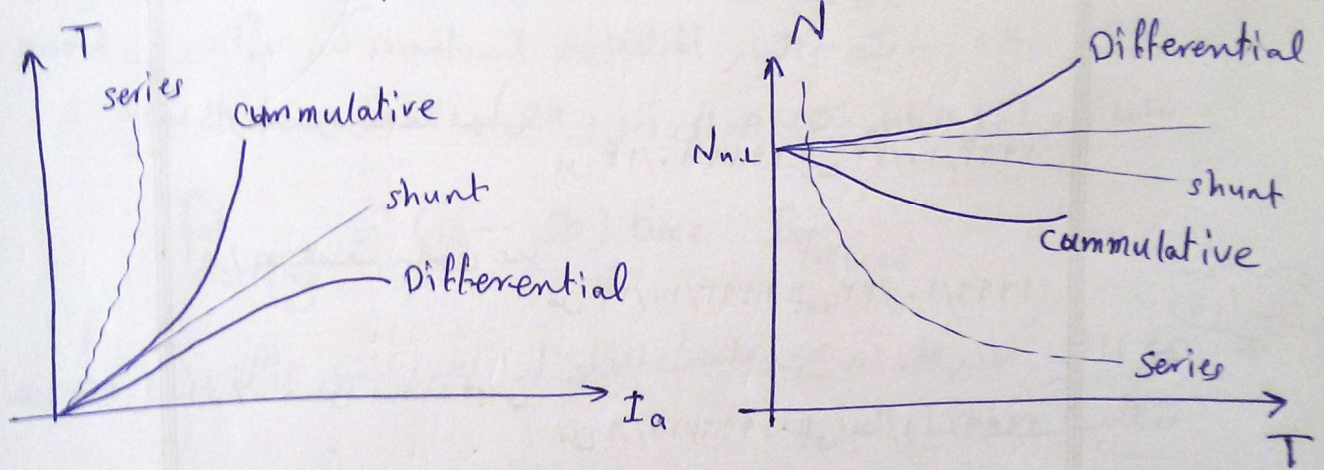


لماذا لا يجب تشغيل المحرك الـ series إلا في وجود حمل ؟

In series motor  $N \propto \frac{1}{I_a}$

في حالة الأحمال الخفيفة (light loads) أو إذا حمل يكون التيار  $I_a$  صغيراً جداً بالتالي ينتج دوران الآلة بسرعة كبيرة جداً تؤدي إلى تدمير الأجزاء الميكانيكية من الآلة لذا المحرك من النوع الـ series لا يسهل توصيل الحمل عليه أولاً ثم تشغيله ولا يصح تشغيله بدون حمل.

### \* char's of Compound D.C. Motor \*





## Starting of D.C. motor

## تشغيل محرك ال D.C.

آلات التيار المستمر النوع self starting ولكن عملية ال starting المحرك تحسب  
أعداد الآلة في لحظة البدء . at starting

مشكلة الموتور في حالة البدء problem occurs at starting

for shunt motor  $V_a = E_b + I_a R_a$

at starting  $E_b = 0 \quad \therefore I_a = \frac{V_a}{R_a}$

في الغالب جهد التشغيل يكون حوالي 250V ومقاومة ال Armature تكون قيم صغيرة جداً  
ولذلك 0.5  $\therefore$  يكون التيار المار في ال Armature كبير جداً حوالي  $\frac{250}{0.5} = 500A$   
بينما تيار الحمل الكامل يكون حوالي أقل بـ 20 أو 15 مرة من تيار البدء.

$\therefore I_{a \text{ starting}} = (15 - 20) \text{ time } I_{a \text{ full load}}$

أضرار

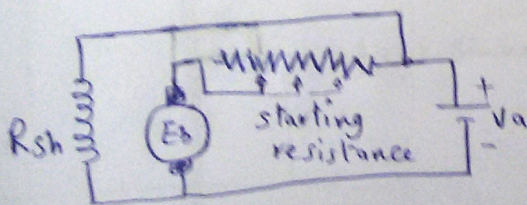
هذا التيار قادر على أنه يحرق ملفات الآلة لذا يجب تشغيل الآلة بشكل يجعلها  
تغلب مشكلة تيار البدء.

← العزم الناتج يكون معتمد على تيار ال  $I_a$  لذا يكون هناك عزم كبير جداً على ال shaft يجب  
احتيااريه فيمكنه للتلف.

← هذا التيار العالي جداً يدمر ال fuse الموضوعة لحماية الآلة.

الحل

← يتم وضع مقاومة متغيرة على التوالي مع ملفات ال rotor Armature تكون متصل عند البدء



كبيرة للحد من قيمة التيار ولتكون بعد ذلك

تتم تصغيرها تدريجياً حتى يتم إزاحتها

تماماً من دائرة ال Armature.

من هذه المقاومة بالـ (starter)

→ three point starter

→ four point starter



## \* Factors affecting on D.C. motor speed \*

تأثير العوامل على سرعة المحرك.

$$\therefore E_b = \frac{\phi P N Z}{60 A}$$

$$\therefore N = \frac{E_b \times 60 A}{\phi P Z}, (P, Z, A) \rightarrow \text{ثوابت من المحرك}$$

$$\therefore N \propto \frac{E_b}{\phi} \propto \frac{V_a - I_a R_a}{\phi}$$

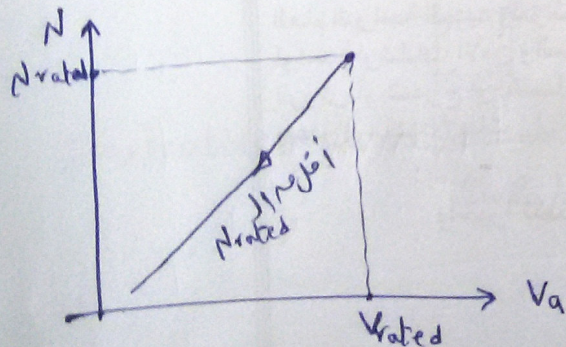
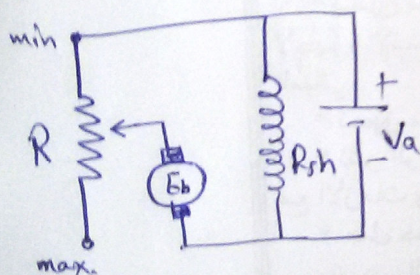
من المعادلة السابقة نجد ان العوامل المؤثرة على سرعة الآلة هي:

- ①  $V_a$  (Armature Voltage) or (Applied Voltage)
- ②  $R_a$  (Armature Resistance)
- ③  $\phi$  (field)

## \* Method of D.C. Motor speed Control \*

طرق التحكم في سرعة المحرك

### ① Armature voltage control (Rheostatic Control)



- تعتمد هذه الطريقة على إضافة مقاومة متغيرة مع مقاومة الـ Armature لتغيير قيمة الجهد الموصول على أطراف الـ Armature.

- دائرة المجال مرفعة الطريقة تياراتها عالية وبالتالي الفقد العالي.

- تكون المقاومة المضافة من أقل قيمة إلى وذلك يجعلنا نحصل على  $V_{rated}$  وبإضافة قيمة هذه المقاومة يزداد  $I_a R_a$  وبالتالي الجهد الواقع على أطراف الـ Armature يقل وبالتالي تقل معه السرعة لأنه التناقص في الجهد.



- ١- طريقة سهلة التفتيد وقطر تحكم سهل للسرعات الأقل من Rated .  
 ٢- يمكن استخدامه Starter إذا تم استخدامه من قبل توصيلة . Potential divider

١- إضافة مقاومة لدائرة ال Prmat يزيد من قيمة ال Copper losses

عيوب ١

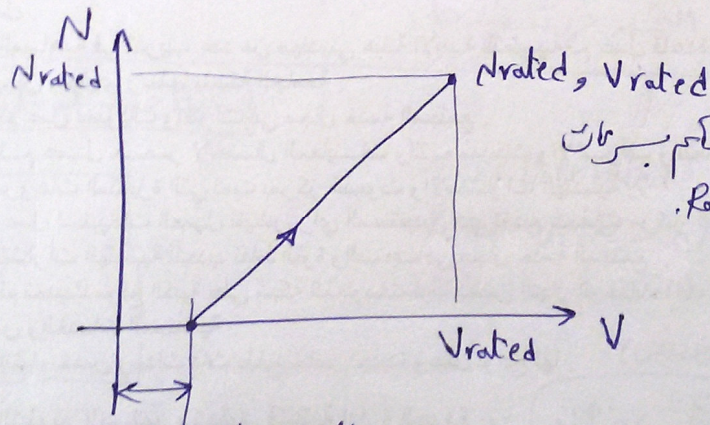
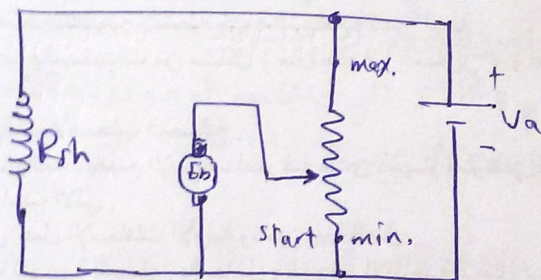
٢- لا تقطر سرعات أعلى من Rated .

٣- تقطر كفارة قليلة .

٤- تحتاج لدوائر تبريد غالية نتيجة وجود مقاومات في التحكم .

⊗ Potential divider Central ⊗

١- استخدام المقاومة ك Potential divider

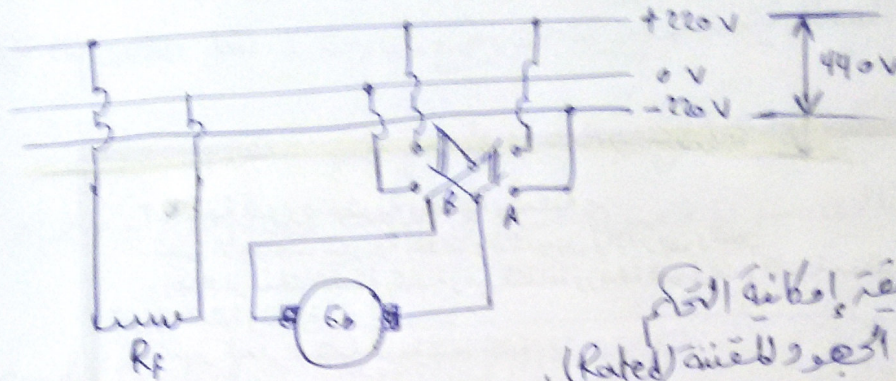


أيضاً تقطر تحكم بسرعات أقل من Rated .

الحجم المطلوب للتغلب على ال inertia وفتح ال drop (Ia Ra)



## ② Applied Voltage Control ②



تعتبر هذه الطريقة إمكانية التحكم  
بجهود أعلى من الجهود للمقننة (Rated).

فالموضع A لميلط جهد 440V على المحرك والموضع B لميلط 220V على المحرك.  
مما يسمح بالتحكم بسرعات أعلى من الطريقة السابقة.

١- تعطى مدى كبير للتحكم في السرعة.

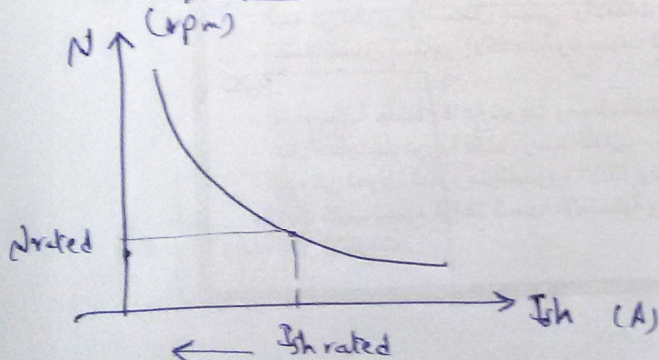
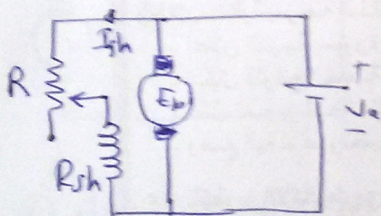
٢- يمكن التحكم في كافة الاتجاهات لوجود (+220V, -220V).

٣- تعطى Acceleration جيدة.

١- تعطى كفاءة صغيرة.

٢- غالبية الخسائر تنفذها.

## ② Flux Control method



اتجاه التقليل ينتج  
سرعة أكبر من Nrated

بعد الوصول للسرعة rated، إذا كنا نريد  
الوصول بسرعة المحرك أعلى من rated  
نستخدم هذه الطريقة بزيادة  
التحكم في المجال (الفيض).

$$\therefore N \propto \frac{E_b}{\phi} \rightarrow \text{Consider Constant}$$

∴ بتقليل الفيض تزيد السرعة.

يمكن تنفيذ ذلك بوضع مقاومة متغيرة  
على التوالي مع ملفات المجال.

نلاحظ أنه بزيادة المجال تقل السرعة  
و بتقليل المجال تزيد السرعة.



١- صفة في الشفط والتحكم.

٢- إمكانية التحكم والوصول بالسرعة إلى أعلى من  $N_{rated}$ .

٣- تيار المجال يكون صغير نسبياً وضع مقاومة  $\downarrow$  تقل Copper loss فزيادة المجال.

١- التحكم بالسرعة أقل من  $N_{rated}$  غير ممكن.

٢- هناك سرعة قصوى ومع  $N_{rated}$  من لا تؤثر على السرعة.

ملاحظات

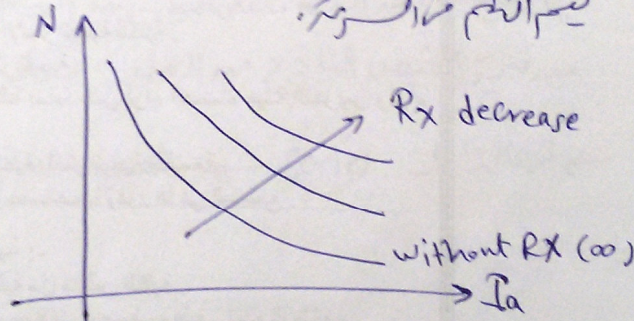
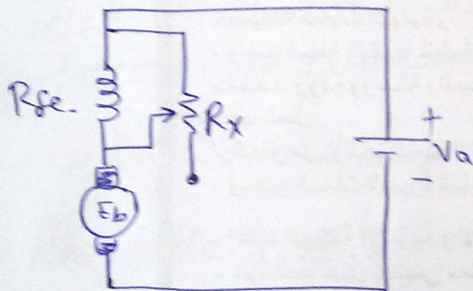
## \* Speed Control of D.C. Series Motor \*

### ① Flux control method

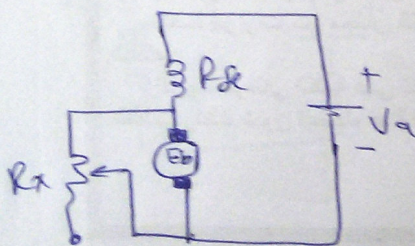
ولها صورتان في التحكم.

### \* Field diverter method

يتم وضع مقاومة متغيرة ( $R_x$ ) على التوازي مع ملفات الـ series (المجال) وعند طريقة التحكم في قيمة  $R_x$  يكون هناك تغيير في قيمة الفيض الناتج وبالتالي يتغير التحكم في السرعة.



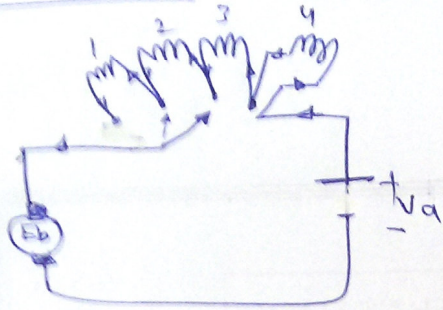
### \* Armature diverter method



يتم وضع المقاومة المتغيرة  $R_x$  على التوازي مع ملفات الـ Armature  $R_a$  ومع التحكم في  $R_x$  يتغير أيضاً الفيض فتتغير السرعة.

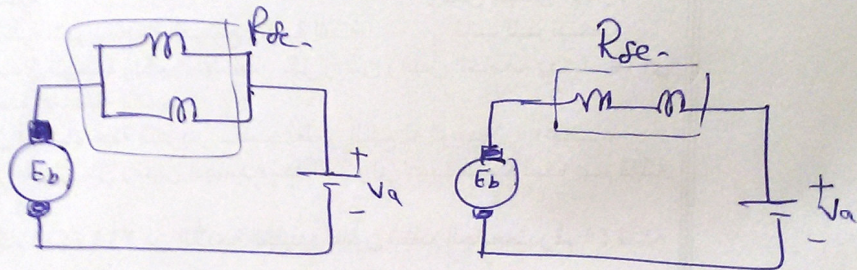


## ① Tapped field Method



من هذه الطريقة على تغيير عدد لفات ملفات  
مجال ( $R_{se}$ ) عند طريقة استخدام  
Tap changer كما بالشكل.

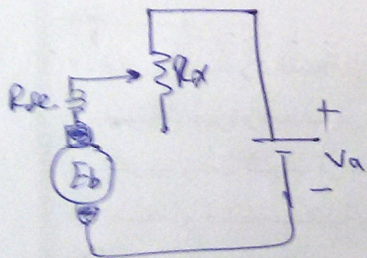
## ② series- parallel connection of field method



يتم وضع حيز من الملفات على التوازن مع الحيز الآخر أو على التوالي مع ما ينظر  
من قيمة الفيض الناتج من الملفات الكلية (المحصلة) من التلوية ويغير من سرعة

→ ثمالة ال Series ← الفيض الناتج = ضعف الناتج حالة التوازن

## ② Rheostatic Control



نفس طريقة محرك أو Shunt  
لتغيير قيمة الجهد الواصل لأطراف  
أو  $R_{se}$  من طريقة مقاومة  
متغيرة.

